Korean J. Malacol. 38(1): 47-55 2022
https://doi.org/10.9710/kjm.2022.38.1.47

한탄강 수계의 다슬기류 분포 특성

송미영, 김대한, 김경환, 김대희[1]

국립수산과학원 중앙내수면연구소, [1]국립수산과학원 서해수산연구소

Distribution Characteristic of Melania Snail in Hantan River Watershed, Korea

Mi-Young Song, Dae-han Kim, Gyeong-Hwan Kim, Dae-Hee Kim[1]

Inland Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Geumsan 32762, Republic of Korea
[1]West Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Taean 32132, Republic of Korea

ABSTRACT

In order to understand the distribution characteristics melania snail in Hantan River watershed, from May to October 2012, 20 points from the upper stream to the lower stream of the Hantan River watershed were investigated. A total of 5 species of melania snail appeared, and in Sagok Stream, which is the primary stream in the Hantan River, *Semisulcospira libertina*, *S. gottschei*, *S. coreana* appeared, and *S. coreana* was dominant. In the secondary stream, Namdae Stream , *S. gottschei* and *S. coreana* appeared, and the dominant species was *S. gottschei*. In the main stream of the Hantan River, *S. libertina* and Koreanomelania nodifira appeared, and *S. libertina* were dominant. The differences in the species appearing according to the physical characteristics of the rivers were found in the *S. libertina*, and the flow velocity was less than 20 cm/sec, and *S. gottscheri*, the bed of sand and pearl. The flow velocity is less than 10 cm/sec, *S. coreana* has a flow velocity of 10 cm/sec-40 cm/sec with the river bed of pebble, and *K. nodifira* has a flow velocity of 40 cm/sec or more with the bottom of the boulder, *K. globus* ovalis appeared at high frequency in boulder riverbeds and in river environments of 50 cm/sec or more, respectively, and the distribution characteristics were similar in the difference in water depth. In this study, it was possible to confirm the river environment preferred by each species, mainly according to the difference in the river bed and flow velocity.

Key word: melania snail, distribution characteristics, Hantan River, Namdae Stream, Sagok Stream

서 론

담수생태계는 지구 표면의 약 1% 미만을 차지하지만 다양한 생물 분류군을 지원하고 있는 핫 스팟이며, 인구증가와 사회경제적 발전으로 지구상에서 가장 위협받는 곳 중 하나이다 (Dudgeon *et al*., 2006; Strayer and Dudgeon, 2010; Lopes-Lima *et al*., 2018). 담수 생물다양성은 남획, 수질오염, 하천 흐름 변동, 서식처 파괴 및 악화 그리고 외래종의 침입으로 위협받고 있다 (Dudgeon *et al*., 2006; Strayer and Dudgeon, 2010).

담수생태계 내 동물군은 1차 생산과 2차 생산자의 매우 중요한 소비자이다 (Brönmark, 1989; Yeung and Dudgeon, 2014). 저서성 대형무척추동물은 다양한 분류군이 담수생태계 내의 여러 서식처에 적응하여 환경 변화에 민감하게 반응하기 때문에 수질평가의 지표종, 기후변화연구 등에 활용되고 있 (Hynes, 1970; Ward, 1992; Rosenberg and Resh, 1993; NIER, 2017). 이 중 다슬기류는 유속이 빠른 계류지역부터 호소 등의 정수역에 이르기까지 다양한 환경에 적응해서 살아가며, 종 간 미소서식처는 다르지만 하상이 바위, 자갈, 모래와 펄 등에 집단적으로 서식하는 것으로 알려져 있고, 우리나라를 비롯한 일본, 중국, 타이완 등에 분포하는 것으로 보고되고 있다 (Chu and Chu, 1987; Kwon *et al*., 2003; Lee *et al*., 2007).

Received: March 15, 2022; Revised: March 210, 2022; Accepted: March 29, 2022
Corresponding author: Dae-Hee Kim
Tel: +82 (41) 675-3773, e-mail: kdh3717@korea.kr
1225-3480/24811
This is an Open Access Article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License with permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproducibility in any medium, provided the original work is properly cited.

다슬기류의 분류는 Martens (1905) 가 1속 18종으로 분류하였고 차후 여러 분류학자에 의하여 형태적 유사종 간의 통합과 동종이명 해석으로 3속 8종 및 1아종으로 정리되었으나 (Choi and Yoon, 1997; Kwon *et al*., 2003), 동일종 간에도 저질, 부착기질 및 유속 등의 서식환경에 따라 형태적 변이가 심한 분류군으로 최근까지도 분류학적 재검토가 요구되고 있다 (Davis, 1969).

다슬기류에 관한 연구는 분류학적 연구 (Burch and Davis, 1967; Burch, 1968; Patterson, 1969; Kil, 1977; White, 1978), 생태학적 연구 (Nagai *et al*., 1979; Nakano, 1990; Koike *et al*., 1992; Takami, 1995; Nakano and Izawa 1996; Kim *et al*., 2012; Chang *et al*., 2000), 성분 분석 연구 (Lim *et al*., 2009; Moon *et al*., 2015)가 있으며, 다슬기 분포에 관한 연구 (Kim, 1998; Lee, 2003; Bae and Park, 2020) 는 제한적으로 보고되었고, 최근에는 다슬기류의 유전적 다양성과 개체군 구조에 대한 연구가 수행되고 있다 (Kim *et al*., 2010; Lee *et al*., 2019; Park *et al*., 2019; Park *et al*., 2021).

특히 우리나라에서 다슬기류는 식량자원으로 이용되고 건강보조식품으로 기호도가 높아 부가가치가 높은 내수면 품종으로 최근 3년간 (2018년-2020년) 어업생산량은 연간 평균 805 톤이며, 수입량은 평균 1,358 톤으로 연간 2천 톤 이상이 소비되는 수산자원이다. 다슬기류는 부착조류, 물고기 폐사체와 같은 수중 유기물 등을 섭취하며, 어류와 수서곤충 등의 먹이로 이용되어 수중 생태계에서 중요한 위치를 차지하고 있다. 그러나 수질오염과 하천개발에 따른 서식처 파괴 등은 다슬기류 분포에 위협으로 작용할 수 있어 이에 대한 대책마련이 시급하다 (Strayer and Dudgeon, 2010; Lopes-Lima *et al*., 2018). 따라서 본 연구에서는 한탄강 수계에 서식하는 다슬기류를 대상으로 서식환경이 이들의 분포에 미치는 영향을 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 조사지점 및 조사시기

다슬기류의 분포 조사는 한탄강 수계의 최상류 수역인 사곡천 4개 지점 (St. 1-St. 4), 남대천 8개 지점 (St. 5-St. 12), 한탄강 본류 8개 지점 (St. 13-St. 20) 의 총 20개 지점을 선정하였다 (Fig. 1). 조사시기는 결빙되는 겨울을 제외하고 2012년 5월부터 10월까지 총 4회 실시하였다.

2. 서식처 특성 조사

하천의 폭과 유폭은 단안경거리측정기 (NEWCOME LRM 1500) 를 이용하여 하천의 횡단면 거리를 측정하였으며, 수심은 함척 (Leveling rod) 을 이용하였고, 유속은 유속계 (FLOWATCH, Switzerland) 를 이용하여 측정하였다. 하상은 Cummins (1962) 의 분류법에 따라 Boulder (지름 256 mm이상), Cobble (256-64 mm), Pebble (64-16 mm), Gravel (16-2 mm), Sand (2 mm이하) 의 비율 (%) 을 구분하였으며, 이화학적 특성은 수온, DO, pH를 다항목수질측정기 (YSI 556 MPS, USA) 를 이용하여 조사지점별로 측정하였다.

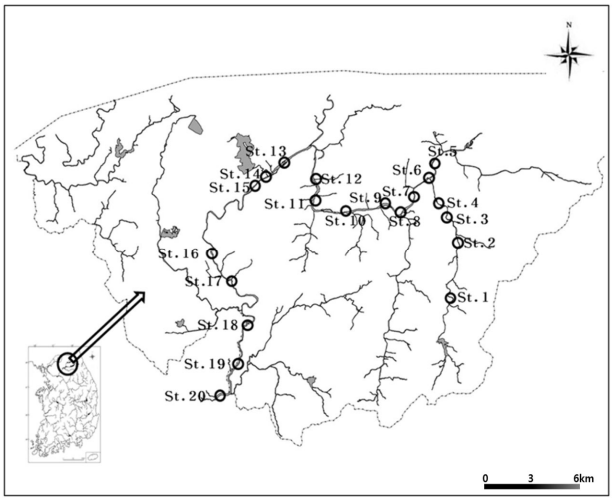

Fig. 1. Map showing the studied stations in Hantan River watershed, Korea (St.1-St.4: Sagok Stream, St.5-St.12: Namdae Stream, St.13-St.20: Hantan River).

3. 다슬기류의 채집 및 분류

다슬기류는 각 조사 지점에서 잠수 조사와 다슬기 수경 등을 이용하여 2명이 1시간 동안 좌안과 우안의 하천 가장 자리에서부터 횡단면으로 1 m 간격으로 이동하면서 1 × 1 m의 방형구내에서 채집하였다. 동정은 한국패류도감 (Min *et al*., 2004) 에 따라 분류하였다.

4. 자료분석

서식처 특성 (하폭, 수심, 유속, 하상입자 크기) 과 다슬기류의 상관관계를 분석하기 위하여 CCA (Canonical Correspondence Analysis) 방법을 적용하였다 (ter Braak, 1986). CCA는 MVSP (Kovach Computing Service, 2001) 를 이용하여 분석하였다. 국내에서 CCA 방법을 군집분석에 활용한 예는 호소의 담수조류, 동물플랑크톤 군집, 해양의 식물플랑크톤 군집, 담수 어류군집 연구 등 다양한 분야에서 적용하였다 (Lee *et al*., 2005; Chung *et al*., 2006; Kim *et al*., 2012; Son *et al*., 2012).

결 과

1. 이화학적 환경

조사기간 중 수온은 13.47-28.70℃로 상류지점이 낮고 하류로 갈수록 높은 값을 나타내었다. 전기전도도는 전 조사지점에서 64-142 μs/cm 의 범위를 나타내었는데, 최상류 사곡천 조사지점에 100 이하의 낮은 값을 보였다. 용존산소는 전 지점에서 7.62-12.87 mg/L의 분포를 보였으며, pH는 7.18-8.45였다 (Table 1).

2. 물리적 환경

한탄강수계의 최상류 지류에 속하는 1차 하천인 사곡천 (St.1-St.4) 은 호박돌과 잔돌이 주된 하상으로 구성되어 있고 하폭은 7 m내이며, 유속은 0.1-0.5 m/sec로 빠르게 흐르는 계류형 하천으로 수심은 1 m 이내로 낮게 유지되고 있었다. 한탄강 본류의 2차 하천인 남대천 (St.5-St.12) 은 하천의 중·하류에 여러 개의 보가 설치되어 있어 하천의 흐름이 정체되어 있으며, 하상은 주로 잔돌과 모래로 구성되어 있고, 하폭은 50-120 m로 넓으며 유속은 0.3 m/sec 이하, 수심은 0.5-2 m였다. 한탄강 본류 (St.13-St.20) 는 민통선의 근접한 곳부터 조사를 실시하였으며 St.13지점은 하폭이 386 m로 가장 넓었으며 제방 공사가 되어있어 접근하기가 용이하였다. St.14-St.20은 하폭이 87-175 m로 하천 주변이 절벽으로 이루어져 있어 접근하는데 제한이 있었으며, 큰돌과 모래가 주된 하상으로 큰돌 사이사이에 모래가 분포하고 있었고, 수심은 0.2-2 m, 유속은 0.1-0.5 m/sec였다 (Table 2).

3. 하천별 출현 종 및 서식밀도

1) 사곡천

사곡천에서 출현한 다슬기류는 다슬기, 곳체다슬기, 참다슬기 3종이였으며 (Fig. 2), 조사지점별 다슬기류 출현 비율과 밀도는 Fig. 2, Fig. 3과 같다. St.1에서는 참다슬기가 63.8%로 가장 높은 출현 비율을 나타내고 있으며, 다슬기가 35.6%의 출현 비율을 나타내었다. 곳체다슬기는 0.6%로 매우 낮은 출현 비율을 보였다. 서식밀도는 30 ± 19.1마리/m^2였다. St.2는 다슬기가 49%로 가장 높게 출현하였으며 다음으로 참다슬

Table 1. Environmental factors of the surveyed each site the Hantan River valley

Stations		Water temperature (℃)	Conductivity (μm/cm)	Dissolved Oxygen (mg/L)	pH
Sagok Stream	St.1	16.04	73	9.6	7.38
	St.2	16.46	64	11.11	7.53
	St.3	13.47-21.1	70-82	7.62-12.87	7.8-7.81
	St.4	20.36	77	8.7	7.8
Namdae Stream	St.5	21.05	142	13.36	7.5
	St.6	20.2	134	10.53	7.7
	St.7	23.16	133	10.23	7.7
	St.8	16.43-17.52	146-191	9.13-9.23	7.18-7.29
	St.9	13.93-22.81	103-131	8.94-11.41	7.42-7.96
	St.10	24.08	102	11.06	7.65
	St.11	26.97	77	11.66	8.8
	St.12	25.39	106	9.3	7.85
Hantan River	St.13	28.7	114	9.48	7.78
	St.14	25.79	98	9.3	8.43
	St.15	18.99-24.97	101-103	9.23-11.29	7.96-8.4
	St.16	24.06	97	9.25	8.2
	St.17	23.42	97	8.19	8.25
	St.18	23.67	130	7.87	8.02
	St.19	23.73	123	9.35	8.16
	St.20	24.02	131	8.5	8.45

Table 2. General characteristics of the site in Hantan River valley

Station		Stream Width (m)	Current velocity (m/sec)	Water depth (m)	Bottom structure (%)*				
					B	C	P	G	S
Sagok Stream	St.1	5	0.5	0.8	10	20	40	10	20
	St.2	5	0.5	0.7	-	40	30	20	10
	St.3	7.2	0.1	0.	10	20	30	30	10
	St.4	4	0.3	1	10	20	30	20	20
Namdae Stream	St.5	102	0.05	2	-	20	50	10	20
	St.6	100	0.05	0.5	-	10	20	20	50
	St.7	50	0.05	2	-	-	25	20	55
	St.8	60	0.05	1.5	-	-	10	10	80
	St.9	64	0.2	1	10	10	30	20	30
	St.10	180	0.2	0.7	-	-	5	5	90
	St.11	120	0.2	1	-	-	-	-	100
	St.12	120	0.3	1	-	-	10	30	60
Hantan River	St.13	386	0.4	0.2	-	10	20	50	20
	St.14	87	0.4	0.5	30	30	20	10	10
	St.15	123	0.2	2	-	30	30	20	20
	St.16	175	0.4	2	20	30	20	20	10
	St.17	95	0.1	0.5	30	20	10	10	30
	St.18	118	0.1	2	40	30	10	-	20
	St.19	113	0.5	1	20	40	30	10	-
	St.20	135	0.1	2	30	10	20	30	20

*Cummins (1962): B (boulder, 〉 256 mm), C (cobble, 256-64 mm), P (pebble, 64-16 mm), G (gravel, 16-2 mm), S (sand, 〈 2 mm).

기가 38.6%로 출현하였으며, 곳체다슬기는 12.4%였다. 서식밀도는 18.2 ± 8마리/m^{2}였다. St.3은 곳체다슬기가 55.8%로 가장 높게 출현하였으며, 참다슬기는 44.2%로 출현하였다. 서식밀도는 75.2 ± 17 마리/m^{2}였다. St.4는 참다슬기가 57.1%로 가장 높은 비율로 출현하였으며, 곳체다슬기가 32.6%, 다슬기는 10.3%의 순으로 출현하였다. 서식밀도는 62.3 ± 38.1 마리/m^{2}다.

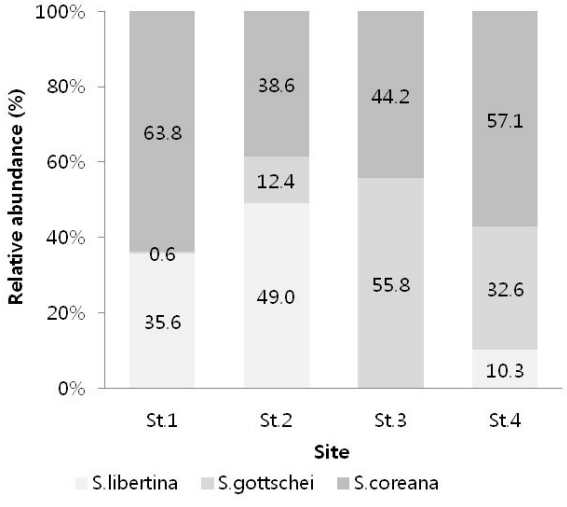

Fig. 2. Relative abundance of Melania Snail at each site in Sagok Stream.

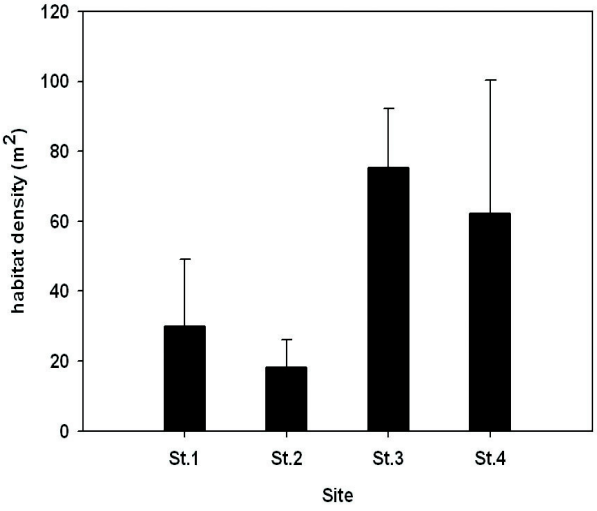

Fig. 3. Inhabitation density of Melania Snail at each site in Sagok Stream.

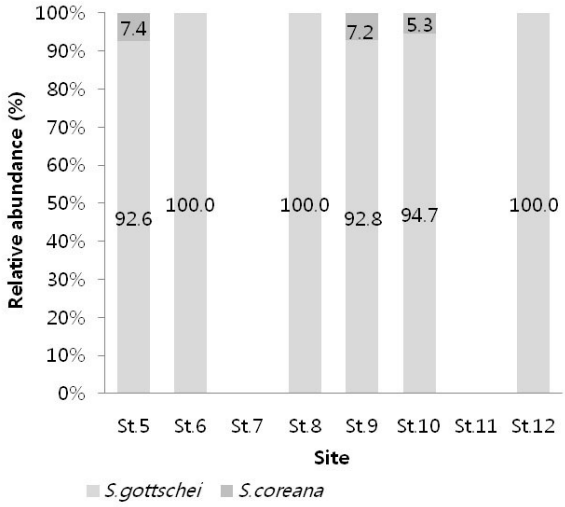

Fig. 4. Relative abundance of Melania Snail at each site in Namdae Stream.

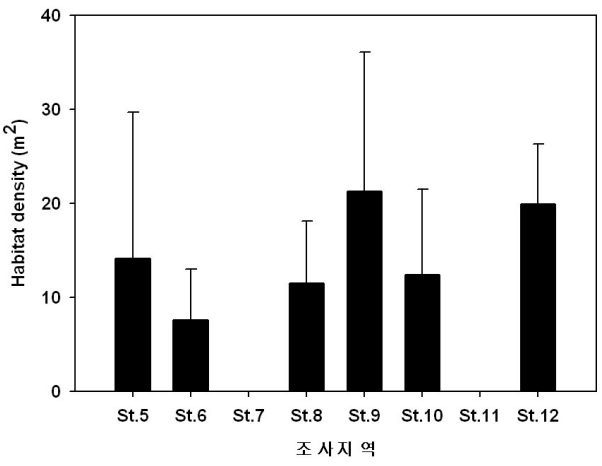

Fig. 5. Inhabitation density of Melania Snail at each site in Namdae Stream.

2) 남대천

남대천에서 출현한 다슬기류는 곳체다슬기, 참다슬기 2종이며 (Fig. 4), 조사지점별 다슬기류 출현 양상은 아래 Figure 4, 5, Table 5와 같다. St.5에서는 곳체다슬기가 92.6%의 높은 출현 비율을 나타내었고 참다슬기는 7.4%로 매우 낮은 출현 비율을 보였다. 서식밀도는 14.1 ± 15.6 마리/m^2였다. St.6에서는 곳체다슬기가 100%로 한 종만 출현하였으며 서식밀도는 7.0 ± 5.4 마리/m^2로 빈약한 서식밀도였다. St.7에서는 서식하고 있는 다슬기류를 확인할 수 없었다. St.8에서는 곳체다슬기가 100%로 한 종만 출현하였으며 서식밀도는 11.5 ± 6.6 마리/m^2였다. St.9에서는 곳체다슬기가 92.8%의 높은 출현 비율을 나타내었고 참다슬기는 7.2%로 매우 낮은 출현 비율을

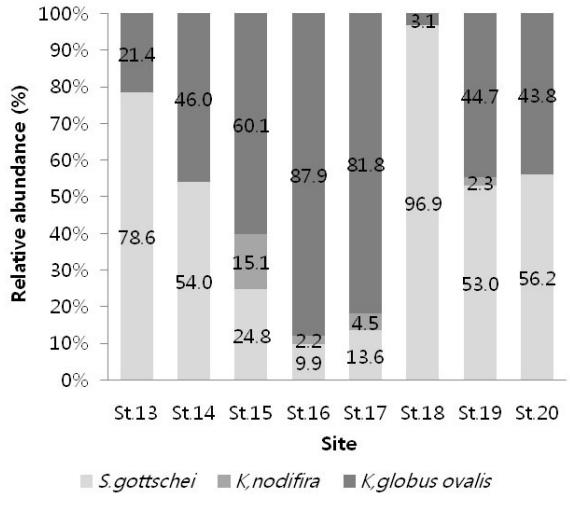

Fig. 6. Relative abundance of Melania Snail at each site Hantan River.

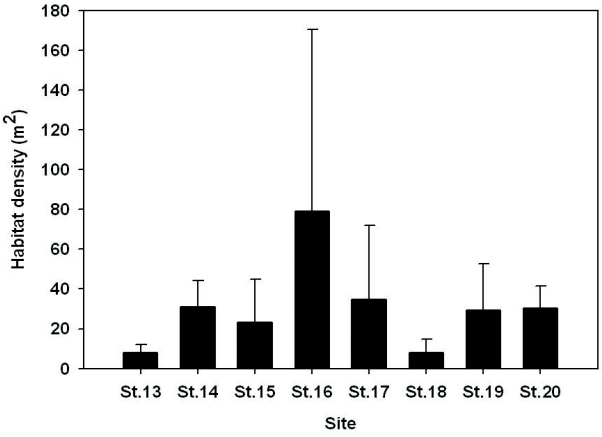

Fig. 7. Inhabitation density of Melania Snail at each site in Hantan River.

보였다. 서식밀도는 21.3 ± 14.8 마리/m^2였다. St.10에서는 곳체다슬기가 94.7%의 높은 출현 비율을 나타내었고 참다슬기는 5.3%로 낮은 출현 비율을 보였다. 서식밀도는 12.4 ± 9.1 마리/m^2였다. St.11에서는 서식하고 있는 다슬기류를 확인할 수 없었다. St.12에서는 곳체다슬기가 100%로 한 종만 출현하였으며 서식밀도는 19.9 ± 6.4 마리/m^2였다.

3) 한탄강

한탄강에서는 곳체다슬기, 염주알다슬기, 띠구슬다슬기 3종이 출현하였으며 (Fig. 6), 조사지점별 다슬기류 출현 양상은 아래 Fig. 6, 7 Table 6과 같다. St.13에서는 곳체다슬기가 78.6%로 가장 높은 출현 비율을 나타내고 있으며, 띠구슬다슬기가는 21.4%의 출현 비율을 나타내었다. 서식밀도는 8 ± 3.9

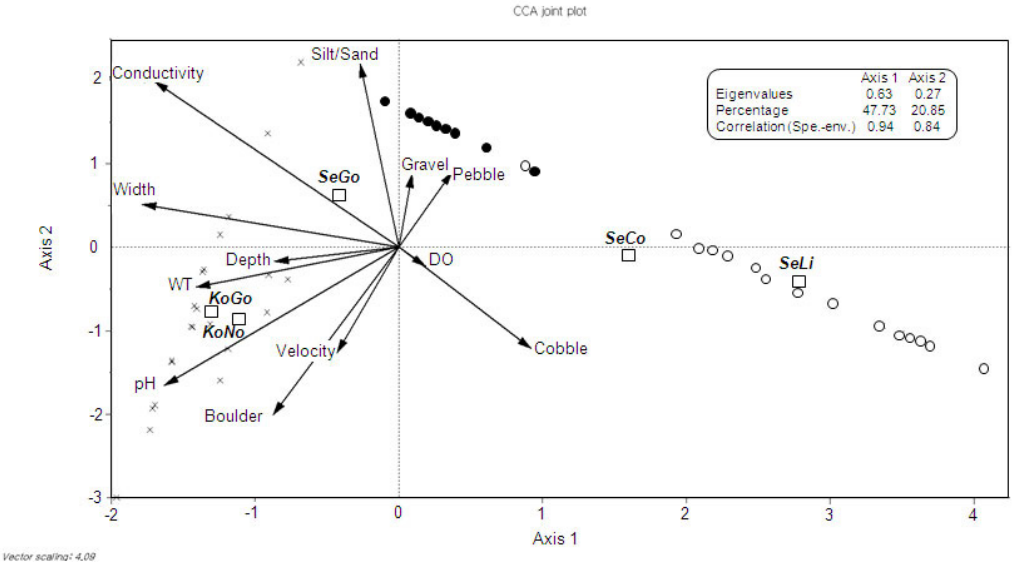

Fig. 8. CCA ordination diagram with Pleuroceridae (□) and environmental variables (arrows). The Pluroceridae species are SeLi =S.libertina, SeCo =S.coreana, SeGo = S.gottschei, KoNo = K.nodifira, KoGo = K.globus ovalis. The environmental variables are: WT = water temperature, DO = dissolved oxygen, Width = stream width, Depth = stream depth, Velocity = water velocity, Boulder = % of substrate size (〉 256 mm), Pebble = % (16-256 mm), Gravel = % (2-16 mm), Silt/Sand = % (〈 2 mm). Sampling sites are: Hantan River (×), Namdae Stream (●) and Sagok Stream (○).

마리/m^2로 매우 빈약한 서식밀도를 보였다. St.14에서는 곳체다슬기가 54%로 가장 높은 출현 비율을 나타내고 있으며, 띠구슬다슬기가는 46%의 출현 비율을 나타내었다. 서식밀도는 30.9 ± 13.5 마리/m^2였다. St.15에서는 띠구슬다슬기가 60.1%로 가장 높은 출현 비율을 나타내고 있으며, 곳체다슬기가 24.8%였으며, 염주알다슬기는 15.1%였다. 서식밀도는 23.1 ± 21.9 마리/m^2였다. St.16에서는 띠구슬다슬기가가 87.9%로 가장 높은 출현 비율을 나타내고 있으며, 곳체다슬기가 9.9%였으며, 염주알다슬기는 2.2%였다. 서식밀도는 79 ± 91.7 마리/m^2로 매우 높은 서식밀도를 나타내었다. St.17에서는 띠구슬다슬기가가 81.8%로 가장 높은 출현 비율을 나타내고 있으며, 곳체다슬기가 13.6%였으며, 염주알다슬기가 4.5%였다. 서식밀도는 34.6 ± 37.3 마리/m^2로 높은 서식밀도를 나타내었다. St.18에서는 곳체다슬기가 96.9%로 매우 높게 출현하였으며 띠구슬다슬기가가 3.1%로 소량 출현하였다. 서식밀도는 8 ± 6.9 마리/m^2로 빈약한 서식밀도를 나타내었다. St.19에서는 곳체다슬기가53%로 가장 높은 출현 비율을 나타내고 있으며, 띠구슬다슬기가 44.7%였으며, 염주알다슬기가 2.3%였다. 서식밀도는 29.3 ± 23.4 마리/m^2였다. St.20에서는 곳체다슬기 56.2%로 가장 높은 출현 비율을 나타내고 있으며, 띠구슬다슬기가 43.8%의 출현 비율을 나타내었다. 서식밀도는 30.5 ± 10.9 마리/m^2였다. 한탄강 본류는 유속이 빠른 급류의 유량이 많은 곳으로 하천의 가장자리가 큰돌로 이루어져 유속이 정체되는 소의 구간이 많은 지점으로 주로 곳체다슬기와 띠구슬다슬기의 출현비율이 높게 나타났으며, 멸종위기야생생물 Ⅱ급으로 지정된 염주알다슬기가 소량 확인되었다.

4. CCA 분석

CCA를 이용하여 환경요인과 다슬기류의 상관관계를 살펴본 결과 제1축의 고유값 (Eigenvalue) 은 0.63, 제2축은 0.27로 나타났으며 종과 환경과의 상관계수는 제1축이 0.94, 제2축이 0.84으로 나타났다. 우선 조사시점의 시공간적 패턴은 계절에 따른 차이보다는 공간적 변동에 의해 나뉘어져서, 한탄강, 사곡천과 남대천 조사지점이 뚜렷하게 그룹을 형성하였다 (Fig. 8). 한탄강 조사지점의 우점종인 염주알다슬기 (KoNo)와 띠구슬다슬기 (KoGo) 는 수온 (WT), pH, 하폭 (Width), 수심 (Depth), 유속 (Velocity) 과 거석 (Boulder) 과 양의 상관관계를 나타내었고, 왕자갈 (Cobble), 잔자갈 (Pebble) 과 왕모래 (gravel) 은 음의 상관관계를 보였다. 반면, 사곡천의 우점종 다슬기 (SeBe) 와 참다슬기 (SeKo) 는 용존산소 (DO), 왕자갈, 자갈과 잔자갈 비율이 높은 환경요인과 양의 상관관계를 나타내었다. 남대천의 경우 우점종 곳체다슬기 (SeGo) 가 전기전도도 (Conductivity), 모래 (sand) 와 실트 (silt) 의 비율이 높은 환경특성과 양의 상관관계를 나타내었다.

고 찰

한탄강 수계 사곡천, 남대천과 한탄강에서 출현한 다슬기류는 다슬기, 곳체다슬기, 참다슬기, 염주알다슬기, 띠구슬다슬기 5종이였으며, 사곡천에서는 다슬기, 참다슬기, 곳체다슬기 3종이 출현하였고, 남대천에서는 곳체다슬기, 참다슬기 2종, 한탄강에서는 곳체다슬기, 염주알다슬기, 띠구슬다슬기 3종이 출현하여 하천별로 다슬기류의 분포가 달랐다 (Fig. 3-5).

사곡천은 지방 2급 하천으로 유로 연장은 19.10 km이며 유역면적은 75.20 km^2로 철원군 근남면에서 발원하여 김화 남대천 좌안으로 유입되는 하천으로, 왕자갈과 잔자갈이 주된 하상이며, 물이 맑고 흐름이 빠른 곳에 주로 서식하는 다슬기와 참다슬기가 조사지점 전체에서 높은 빈도로 출현하였다. 특히 St.1과 St.2는 사곡천 상류지점으로 물이 맑고 깨끗한 지점으로 유속이 빠르고 정체되어있는 수역이 없어 다슬기와 참다슬기가 높은 비율로 서식하였다. St.3과 St.4에서는 St.1, St.2와는 상대적으로 다슬기가 낮은 비율로 출현하였고 곳체다슬기가 높은 비율로 출현하였는데 이는 St.3, St.4지점은 보의 상·하로 유속이 정체되어있어 St.1과 St.2와는 다른 출현 양상을 보인 것으로 추정된다. 사곡천에서 출현한 참다슬기는 우리나라 금강, 섬진강, 영산강 등 중서부 지방의 하천에 주로 분포하는 종이지만 한강수계에서도 여울이나 하상이 돌이나 자갈로 된 지역에서도 많이 분포하고 있는 종이다 (Kim *et al*., 2012). 또한 전국적으로 널리 분포하고 있는 곳체다슬기와 서식지를 공서하는 것으로 보고한 Lee (2003) 의 연구와 유사한 양상을 보였다.

남대천은 한탄강 제 1지류이며 유로연장 41.35 km, 유역면적이 444.75 km^2, 유로연장 23.5 km (56.8%), 82.76 km^2 (18.6%) 의 유역이 북한 지역에 있는 분단된 하천으로 북한측 철원군 근동면에서 발원하여 한탄강에 합류하는 하천으로, 모래, 펄이 주된 하상으로 남대천은 전체적으로 보가 설치되어 있어 유속의 흐름이 느린 정수역으로, 주로 곳체다슬기가 크게 우점하였으며, 조사지점의 수심이 낮고 유속이 정체되어있어 서식밀도가 빈약하고 곳체다슬기 외에는 출현하는 종의 비율이 낮은 것으로 추정된다. 이 종은 하천의 하상 입자가 고운 펄과 유속이 느린 하천에 주로 서식한다 (Kim *et al*., 2012).

한탄강은 임진강의 제 1지류로 유로연장은 141 km, 유역면적이 2,436.4 km^2로 평강군에서 발원하여 남서쪽으로 흐르면서 평강, 철원, 연천군, 포천군 하천에서 임진강으로 흘러 들며 행정구역별 구성은 강원도 철원군이 657.24 km^2 (27.0%), 경기도 포천군 774.18 km^2 (31.8%), 연천군이 312.32 km^2 (12.8%), 동두천시 95.41 km^2 (3.9%), 양주군 193.76 km^2 (8.0%) 이고 이북지역인 평강군, 회양군이 403.48 km^2 (16.5%) 을 점유하고 있는 하천이다. 한탄강에서는 염주알다슬기와 띠구슬다슬기가 출현하였는데, 이종은 2009년 '철원 남대천 다슬기를 중심으로 구성한 다슬기 축제의 중장기 발전계획'보고서에서 남대천에서 소량 확인되었으나, 금번 조사에는 한탄강 본류에서만 확인되었다. 염주알다슬기는 현재 개체수가 감소하고 있는 종으로 임진강, 한탄강, 남한강 수계에서 주로 출현하며 2012년 멸종위기야생생물Ⅱ급으로 지정되었다. 특히 한탄강 본류에서 과거에 비해 개체수가 크게 감소하였는데 이는 하천 공사와 댐 건설 등으로 인해 서식처가 훼손되는 것으로 추정된다 (Fig. 2, Fig. 3). 염주알다슬기와 띠구슬다슬기는 강원도의 남한강 수계와 경상북도 낙동강 수계에 분포하며, 추가적으로 본 조사에서는 북한강 수계인 한탄강 본류에서 염주알다슬기와 띠구슬다슬기를 확인하였다.

CCA 분석 결과에 따르면, 다슬기류는 서식환경의 특성에 따라 종의 분포가 뚜렷한 차이를 나타내었는데. 염주알다슬기와 띠구슬다슬기는 하폭이 넓고, 수심이 깊으면서 유속이 빠른 지역에 주로 분포하였다. 특히 하상구성물 중 거석의 비율이 높은 곳을 선호하는 것으로 나타났다. 반면에 곳체다슬기는 모래와 실트가 많이 분포하는 지역을 선호하며, 다슬기와 참다슬기는 왕자갈의 비율이 높은 서식환경에서 우점하였다. 본 연구에서 출현한 다슬기류는 주로 강원도와 경기도의 남, 북한강 수계에 분포하는 종으로 하천의 교란에 취약하여 도시형 하천에서는 출현하지 않았다 (Lee, 2003; Shim *et al*., 2003).

따라서 다슬기류의 분포는 하천의 물리적 환경특성에 영향을 받았으며, 특히 미소서식처의 하상입자의 크기에 따라 분포지역이 영향을 받는 것으로 사료되었다. 이는 담수 복족류의 분포에 하상입자 중 자갈의 비율이 가장 큰 영향을 미치는 요인이라고 보고한 최근 연구와 유사한 결과를 보였다(Bae and Park, 2020). 그러므로 하천의 하상구조를 평탄화하는 하천공사는 다슬기류의 분포에 직접적인 영향을 줄 수 있으므로 이에 대한 대책마련이 시급하였다.

요 약

한탄강수계에 서식하는 다슬기류의 분포 특성을 파악하기 위하여, 2012년 5월부터 2012년 10월까지 한탄강수계의 최상류부터 하류까지 20개 지점을 조사하였다. 다슬기류는 총 5종이 출현하였고, 한탄강 수계의 1차 하천인 사곡천은 다슬기, 곳체다슬기, 참다슬기가 출현하였으며, 참다슬기가 우점하였다. 2차 하천인 남대천에서는 곳체다슬기, 참다슬기가 출현하였으며, 우점종은 곳체다슬기였다. 한탄강 본류에서는 곳체다슬기, 염주알다슬기, 띠구슬다슬기가 출현하였으며, 띠구슬다슬기가 우점하였다. 다슬기류는 물리적 하천 특성에 따라 출현하는 종의 차이점이 나타났는데 다슬기 (*S. libertina*) 는 왕자갈과 잔자갈의 하상과 유속은 20 cm/sec 이하, 곳체다슬기 (*S.*

gottscheri) 는 모래와 펄의 하상과 유속은 10 cm/sec 이내, 참다슬기 (*S. coreana*) 는 왕자갈의 하상과 유속 10 cm/sec-40 cm/sec, 염주알다슬기 (*K. nodifira*) 는 거석의 하상과 유속 40 cm/sec 이상, 띠구슬다슬기 (*K. globus* ovalis) 는 거석의 하상과 50 cm/sec 이상의 하천 환경에서 각각 높은 빈도로 출현하였고 수심 차이에서는 분포특성이 유사하게 나타났다. 본 연구에서 다슬기류는 주로 하상과 유속에 따라 각각 종이 선호하는 하천 환경이 다름을 확인 할 수 있었다.

사 사

이 논문은 2022년도 국립수산과학원 수산시험연구사업 (R2022039) 의 지원으로 수행된 연구입니다.

REFERENCE

Bae, M.-J. and Park, Y.-S. (2020) Key determinants of freshwater gastropod diversity and distribution: The implications for conservation and management. *Water*, **12**: 1908.

Brönmark, C. (1989) Interactions between epiphytes, macrophytes and freshwater snails: A review. *Journal of Molluscan Studies*, **55**: 299-311.

Burch, J.B. (1968) Cytotaxonomy of some Japanese *Semisulcospira* (Streptoneura: Pleuroceridae). *Journal de Conchyliologie*, **107**(1): 3-51.

Burch, J.B. and Davis, G. M. (1967) A taxonomic study of some species of the freshwater snail genus *Semisulcospira* in Japan (Gastropoda: Mesogastropoda: Pleuroceridae). *Bulletin of the American Malacologial Union*, **34**: 36-38.

Chang, Y.J., Chang, H.J., Min, B.H. and Bang, I.C. (2000) Reproductive cycle of melania snail, *Semisulcospira libertina* libertina. *Development & Reproduction*, **4**: 175-180. [in Korean]

Choi, B.R and Yoon, S.H. (1997) Mollusca In: List of animals in Korea. The Korean Society of Systematic Zoology, Seoul, Korea.

Chu, J.K. and Chu, J.P. (1987) Classification of *Semisulcospira* in Korea. *Bulletin of National Chonbuk University Department of Agriculture*, **31**: 471-489.

Chung, S.O., Jeon, H.J., Hong, K.E., Kim, J.H. and Park, Y.S. (2006) Looking for an Adequate Methodology for the Korean Reservoir Using Canonical Correspondence Analysis. *Korean Journal of Environmental Ecology*, **20**(4): 365-373.

Cummins, K.W. (1962) An evolution of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic water. *American Midland Naturalist*, **67**: 477-504.

Davis, G.M. (1969) A taxomic study of some species of *Semisulcospira* in japan (Mesogastropoda: Pleuroceridae). *Malacologia*, **7**(2-3): 211-294.

Dudgeon, D., Arthington, A.H., Gessner, M.O., Kawabata, Z.-I., Knowler, D.J., Lévêque, C., Naiman, R.J., Prieur-Richard, A.-H., Soto, D., Stiassny, M.L.J. and Sullivan, C.A. (2006) Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, **81**: 163-182.

Hynes, H.B.N. (1970). The Ecology of Running Waters. Liverpool University Press, England. p.555.

Kil, B.S. (1977) Ecological studies on the freshwater gastropods in Korea. Distribution of *Semisulcospira forticosta* in the Taebaek Range. *Korean Journal of Limnology*, **10**(3/4): 29-35. [in Korean]

Kim, D.H., Bang, I.C., Lee, W.O. and Baek, J.M. (2012) Reproductive Ecology of the Freshwater Melania Snail, *Semisulcospira coreana* (v. Martens) in Bukhan River. *Korean Journal of Malacology*, **28**: 175-185. [in Korean]

Kim, H.A., Choi, J.Y., Kim, S.G., DO, Y.H., Joo, G.J., Kim, D.K. and Kim, H.W. (2012) Observation and Evaluation of Zooplankton Community Characteristics in the Petite Ponds (Dumbeong) for lrrigation: A Case Study in Goseong Region of South Korea. *Korean Journal of Limnology*, **45**(4): 490-498. [in Korean]

Kim, J.J. (1998) Molluscan fauna in lower part of Han River, Korea. *Korean Journal of Malacology*, **14**(2): 161-166. [in Korean]

Kim, W.-J., Kim, D.-H., Lee, J.-S., Bang, I.-C., Lee, W.-O. and Jung, H.-T. (2010) Systematic relationships of Korean freshwater snails of *Semisulcospira*, *Koreanomelania*, and *Koreoleptoxis* (Cerithiodiea; Pleuroceridae) revealed by mitochondrial cytochrome oxidase I sequences, *Korean Journal of Malacology*, **26**(4): 275-283.

Koike, K., Kuniyoshi, S., Furuse, K., Umezawa, N., Masuda, A. and Nishiwaki, S. (1992) Seasonal changes in gametogenesis and embryo composition in the brood pouch of *Semisulcospira libertine*. *Venus*, **51**: 279-294.

Kwon, O.K., Min, D.k., Lee, J.S., Jee, J.G. and Choe, B.L. (2003) Korean mollusks with color illustration Hanguel Publishing Co., Busan, Korea. [in Korean]

Lee, J.S. (2003) Distribution of Family Pleuroceridae in Korean. ***In***: Proceedings of the Korean Society of Fisheries Technology Conference. *Korean Society of Fisheries and Aquatic Sciences*, 378-379.

Lee, K.H., Baik, S.K. and Kim, B.H. (2005) Dynamics of Phytoplankton Community in Lake Juam, Korea. *Korean Journal of Limnology*, **38**(2): 249-260. [in Korean]

Lee, S.T., Lee, H.J. and Kim, Y.K. (2019) Comparative analysis of complete mitochondrial genomes with Cerithioidea and molercular phylogeny of the freshwater snail, *Semisulcospira gottschei* (Caenogastropoda, Cerithioidae). *International Journal of Biological Macromolecules*, **135**: 1193-1201.

Lee, T.H., Hong, H.C., Kim, J.J. and Foighil, D.Ó.

(2007) Phylogenetic and taxonomic incongruence involving nuclear and mitochondrial markers in Korean populations of the freshwater snail genus *Semisulcospira* (Cerithioidea: Pleuroceridae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **43**: 386-397.

Lim, C.W., Kim, Y.K., Kim, D.H., Park, J.I., Lee, M.H., Park, H.Y. and Jang, M.S. (2009) Comparison of quality characteristics of melania snails in Korea. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **42**: 555-560. [in Korean]

Lopes-Lima, M, Burlakova, L.E., Karatayev, A.Y., Mehler, K., Seddon, M. and Sousa, R. (2018) Conservation of freshwater bivalves at the global scale: Diversity, threats and research needs. *Hydrobiologia*, **810**: 1-14.

Martens, EV. (1905) Koreanische Susswasser Mollusken. *Zoologichen Jahrbucher Supplement*, **8**: 23-70.

Mim, D.k., Lee, J.S., Koh, D.B. and Je, J.G. (2004) Mullusks in Korea. Hanguel Graphics. [in Korean]

Moon, S.K., Kim, I.S., Lim, C.W., Yoon, N.Y. and Jeong, B.Y. (2015) Proximate and Fatty Acid Compositions of Commercial Domestic and Imported Melania Snails *Semisulscospira* sp. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **48**: 977-981. [in Korean]

Nagai, S., Yamamoto, H., Ishii, K., Otsuka, M. and Kobayashi, M. (1979) Rearing and population growth of fresh water snail, *Semisulcospira libertina* in the laboratory. *Venus*, **38**: 25-34.

Nakano, D. (1990) A method of embryo culture and an outline of development of the ovoviviparous freshwater snail, *Semisulcospira libertina* (Prosobranchia: Pleuroceridae). *Venus*, **49**: 107-119.

Nakano, D and Izawa, K. (1996) Reproductive biology of *Semisulcospira libertina* (Prosobranchia: Pleuroceridae) in Iga Basin, Mie Prefecture. *Venus*, **55**: 235-241.

NIER (2017) Biomonitoring survey and assessment manual. NIER.

Park, Y.J., Lee, M.N., Kang, J.-H., Park, J.Y., Noh, J.K., Choi, T.-J. and Kim, E.-M. (2021) Population genetic structure of *Semisulcospira gottschei*: simultaneous examination of mtDNA and microsatellite markers. *Molecular Biology Reports*, **48**: 97-104.

Park, Y.J., Lee, M.N., Kim, E.M., Park, J.Y., Noh, J.K., Choi, T.-J. and Kang, J.-H. (2019) Development and characterization of novel polymorphic microsatellite markers for the Korean freshwater snail *Semisulcospira coreana* and cross-species amplification using next-generation sequencing. *Journal of Oceanology and Limnology*, https://doi.org/10.1007/s00343-019-9058-0.

Patterson, C.M. (1969) Chromosomes of mollusks. Proc Symposium on Mollusca. Part II. Marine Biology Association India, pp. 635-685.

Rosenberg, D. and Resh, V. (1993) Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman Hall. New York.

Shim, Y.B., Shin, H.C. and Jeong, K.H. (2003) A Study on the Molluscan Fauna in the Freshwater of Asan Area. *Korean Journal of Malacology*, **19**(1): 53-70. [in Korean]

Son, M.H., Hyun, B.G., Kim, D.S., Choi, H.W., Kim, Y.O. and Baek, S.H. (2012) The Correlation between Environmental Factors and Phytoplankton Communities in Spring and Summer Stratified Water-column at Jinhae Bay, Korea. *Korean Journal of Environmental Biology*, **30**(3): 219-230. [in Korean]

Strayer, D. L. and Dudgeon, D. (2010) Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. *Journal of the North American Benthological Society*, **29**: 344-358.

Takami, A. (1995) Growth and number of newborns in *Semisulcospira* Kurodai (Prosobranchia: Pleuroceridae) reared in the laboratory. *Venus*, **54**: 123-132. [in Japanese]

Ter Braak, C.J.F. (1986) Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, **67**(5): 1167-1179.

Ward, J.V. (1992) Aquatic Insect Ecology. John Wiley, New York. pp. 438.

White, M.J.D. (1978) Modes of speciation. Freeman San Francisco, p. 455.

Yeung, A.C. and Dudgeon, D. (2014) Production and population dynamics of the prosobranch snail *Sulcospira hainanensis* (Pachychilidae), a major secondary consumer in Hong Kong streams. *Hydrobiologia*, **724**: 21-39.